

# Computer controlled steering for motor vehicle has electrical servo with redundant motor and double power supply circuit

**Publication number:** DE10053818 (A1)

**Publication date:** 2002-05-16

**Inventor(s):** BLANKE MOGENS [DK]; THOMSEN JESPER S [DK]; KRISTENSEN JOHN [DK]; FREDERIKSEN TORBEN [DK] +

**Applicant(s):** SAUER DANFOSS NORDBORG AS NORD [DK] +

**Classification:**


- **international:** **B62D5/00; B62D5/04; B62D5/00; B62D5/04; (IPC1-7): B62D5/04; B62D15/02**


- **European:** B62D5/00B2


**Application number:** DE20001053818 20001030

**Priority number(s):** DE20001053818 20001030


**Also published as:**


 DE10053818 (B4)


 US2002057070 (A1)


 US6693405 (B2)


**Cited documents:**

 DE19834870 (A1)

 DE19833460 (A1)

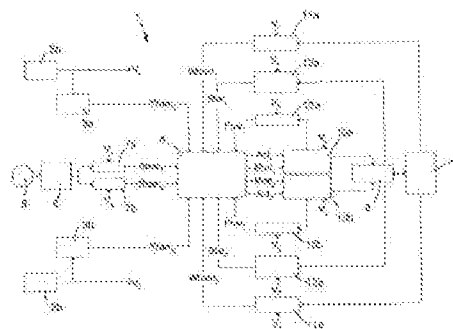
 DE19625350 (A1)

 DE4232256 (A1)

 DE29915559U (U1)

## Abstract of DE 10053818 (A1)

The computer controlled steering (1) for a motor vehicle has an electrically supplied steering motor assembly connected to a switching control (10a,b) supplied with output from a computer. The motor assembly has a redundant steering motor (8) with two separate circuits connected to the computer (4). Each circuit can have a power supply.



.....  
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 53 818 A 1

51 Int. Cl. 7:  
B 62 D 5/04  
B 62 D 15/02

21 Aktenzeichen: 100 53 818.5  
22 Anmeldetag: 30. 10. 2000  
43 Offenlegungstag: 16. 5. 2002

DE 100 53 818 A 1

71 Anmelder:  
Sauer-Danfoss (Nordborg) A/S, Nordborg, DK  
74 Vertreter:  
U. Knoblauch und Kollegen, 60322 Frankfurt

72 Erfinder:  
Blanke, Mogens, Prof., Farum, DK; Thomsen,  
Jesper S., Dipl.-Ing., Aalborg, DK; Kristensen, John,  
Soenderborg, DK; Frederiksen, Torben,  
Augustenborg, DK

56 Entgegenhaltungen:

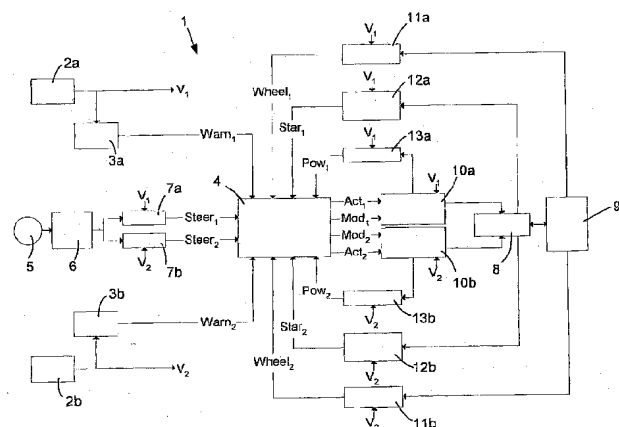
DE 198 34 870 A1  
DE 198 33 460 A1  
DE 196 25 350 A1  
DE 42 32 256 A1  
DE 299 15 559 U1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elektrisches Lenksystem

57 Es wird ein elektrisches Lenksystem (1) für ein Fahrzeug angegeben mit einer elektrisch gespeisten Lenkmotoranordnung, die mit einer Wechselrichteranordnung (10a, 10b) verbunden ist, deren Ausgangsspannung von einer Computeranordnung (4) beeinflusst ist und mit einer Sensoranordnung (7a, 7b, 11a-13a, 11b-13b). Man möchte ein Lenksystem mit möglichst geringem Aufwand so ausgestalten, daß es während des Anhaltens beim Fehlerfall voll lenkbar bleibt. Hierzu weist die Lenkmotoranordnung einen redundanten Lenkmotor (8) auf, der über zwei getrennt voneinander elektrisch versorgte und geführte Steuerkreise mit der Computeranordnung (4) verbunden ist, die ebenfalls redundant ausgebildet ist.



DE 100 53 818 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein elektrisches Lenksystem für ein Fahrzeug mit einer elektrisch gespeisten Lenkmotoranordnung, die mit einer Wechselrichteranordnung verbunden ist, deren Ausgangsspannung von einer Computeranordnung beeinflusst ist und mit einer Sensoranordnung.

[0002] Ein derartiges Lenksystem ist aus DE 196 25 350 A1 bekannt.

[0003] Derartige Lenksysteme werden vorzugsweise bei Gabelstaplern und anderen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen eingesetzt, vor allem bei solchen, die in geschlossenen Räumen, wie Lagerhallen, tätig sind. Dabei besteht keine mechanische Verbindung mehr zwischen dem Lenkhandrad oder einer vergleichbaren Steuereinrichtung und dem gelenkten Rad oder den gelenkten Rädern. Der Fahrer oder Bediener hat also bei Ausfall des Lenksystems im Grunde keine Möglichkeit mehr, in das Lenkverhalten des Fahrzeugs einzugreifen. Es besteht daher im allgemeinen die Forderung, daß jeder Fehler sofort erkannt wird und das Fahrzeug beim Auftreten eines Fehler umgehend gestoppt wird. Allerdings können auch hierbei noch gefährliche Situationen auftreten, weil ein Fahrzeug mit einer größeren Masse immer einen gewissen Bremsweg benötigt. Dieser Bremsweg wird umso länger, je schwerer das Fahrzeug beladen ist.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Lenksystem mit möglichst geringem Aufwand so auszugestalten, daß es während des Anhaltens voll lenkbar bleibt.

[0005] Diese Aufgabe wird bei einem Lenksystem der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Lenkmotoranordnung einen redundanten Lenkmotor aufweist, der über zwei getrennt voneinander elektrisch versorgte und geführte Steuerkreise mit der Computeranordnung verbunden ist, die ebenfalls redundant ausgebildet ist.

[0006] Mit dieser Ausgestaltung läßt sich mit einem vertretbaren Aufwand ein redundantes Lenksystem erzielen. Ein fehlertolerantes System ließe sich zwar relativ einfach dadurch ausgestalten, daß man alle Elemente verdoppelt. Diese Lösung ist aber relativ teuer. Die Erfindung besteht nun darin, daß man nicht alle Elemente verdoppelt, sondern Elemente, die einen großen Anteil zu den Kosten beitragen, per se redundant ausgestaltet. Damit hat man für den größten Teil des Lenksystems eine Zweikreisausgestaltung, die auch noch dann funktioniert, wenn in einem der beiden Kreise ein Fehler auftritt. Die verbleibenden Elemente, die in beiden Kreisen gemeinsam verwendet werden, sind aber so fehlertolerant, daß sie auch noch dann funktionieren, wenn ein Fehler aufgetreten ist. Man schafft damit ein Lenksystem, das unter Kostengesichtspunkten optimiert ist und das trotzdem in der Lage ist, bis zum Anhalten des Fahrzeugs die volle Lenkfähigkeit sicherzustellen.

[0007] Hierbei ist bevorzugt, daß alle Steuerkreise eine gemeinsame Sollwertvorgabeeinrichtung aufweisen. Als Sollwertvorgabeeinrichtung kann beispielsweise das Lenkhandrad dienen. Man geht davon aus, daß ein Bruch der Lenkhandradsäule ein sehr unwahrscheinlicher Fehler ist. Eine Sicherung dagegen ist nicht eingebaut. Dafür wird allerdings die Bedienung drastisch vereinfacht im Gegensatz zu Systemen, bei denen man dafür sorgen muß, daß der Fahrer gleichzeitig beide Steuerkreise mit unabhängigen Bedienelementen betätigt.

[0008] Vorzugsweise ist für jeden Steuerkreis eine eigene Stromversorgungseinrichtung mit einem eigenen Überwachungssystem vorgesehen. Eine derartige Stromversorgungseinrichtung kann beispielsweise durch eine Batterieanordnung gebildet sein. Dadurch, daß jede Stromversorgungseinrichtung eigene Komponenten versorgt, nämlich

die des eigenen Steuerkreises, ist sichergestellt, daß die Funktion des Lenksystems auch beim Versagen einer Stromversorgungseinrichtung gesichert ist. Jede Stromversorgungseinrichtung hat ihre eigene Überwachung, beispielsweise eine Spannungsmessung, die an die Computeranordnung zurückmeldet. Die Computeranordnung kann dann bei Ausfall einer Stromversorgungseinrichtung den Anhaltévorgang einleiten.

[0009] Vorzugsweise weist jeder Steuerkreis einen Wechselrichter auf, der mit dem Lenkmotor verbunden ist. Jeder Wechselrichter arbeitet beispielsweise mit Spannungsmodulationen, typischerweise mit einer Pulsbreitenmodulation, und erhält die entsprechenden Modulationssignale von der Computeranordnung. Die Wechselrichter werden von jeweils einer eigenen Stromversorgungseinrichtung, nämlich der des zugehörigen Steuerkreises, mit Spannung versorgt. Der Ausfall eines Wechselrichters ist daher unschädlich für die Lenkfähigkeit des Fahrzeuges insgesamt.

[0010] Vorzugsweise weist der Lenkmotor für jeden Steuerkreis eine eigene Wicklungsanordnung auf. Dies kann beispielsweise so aussehen, daß ein Stator vorgesehen ist, der für jeden Steuerkreis einen eigenen Satz Wicklungen hat, die auf einen gemeinsamen Rotor wirken. Man kann aber auch für jeden Satz Wicklungen einen eigenen Stator vorsehen, wobei jeder Stator mit einem eigenen Rotor zusammenwirkt und beide Rotoren auf einer gemeinsamen Welle montiert sind. Dadurch hat man den Vorteil, daß sich im fehlerfreien Betrieb keine negativen gegenseitigen Störungen ergeben, da nur eine Lenkmotoranordnung mechanisch auf das gelenkte Rad oder die gelenkten Räder wirkt. Im Fehlerfall kann aber dann sozusagen eine Hälfte der Lenkmotoranordnung immer noch die notwendige Kraft aufbringen, um das Fahrzeug bis zum vollständigen Stillstand lenken zu können.

[0011] Hierbei ist besonders bevorzugt, daß jeder Wechselrichter bei Ausfall mindestens eines anderen Wechselrichters mit der Versorgung des Motors überlastet ist. Man kann also die Wechselrichter so dimensionieren, daß sie nur zusammen in der Lage sind, die notwendige elektrische Leistung für die Ansteuerung der Lenkmotoranordnung bereit zu stellen. Im Fehlerfall ist dann zwar der eine Wechselrichter überlastet. Da diese Überlastung aber nur so lange andauert, bis das Fahrzeug angehalten hat, kann man diese Überlastung in Kauf nehmen.

[0012] Vorzugsweise weist jeder Steuerkreis einen Lenkhandradsensor auf. Man beginnt mit der Fehlerredundanzhöhung also bereits in einem relativ frühen Stadium und stellt damit sicher, daß alle Bewegungen des Lenkhandrads oder einer vergleichbaren Einrichtung mehrfach erfaßt werden können.

[0013] Hierbei ist bevorzugt, daß die Sensoren in einer gemeinsamen Sensoreinheit angeordnet sind. Dies hat den Vorteil, daß die Zuordnung der Ausgangssignale der Sensoren zueinander leichter herzustellen ist. Eine derartige Sensoranordnung ist beispielsweise in DE 31 45 162 A1 offenbart.

[0014] Vorzugsweise weist jeder Steuerkreis einen Mittelpunktssensor für die Lenkmotoranordnung auf. Bei fehlerfrei arbeitenden Mehrphasensystemen arbeiten alle Phasen symmetrisch. Der Mittelpunkt einer Sternschaltung, den man auch als "Sternpunkt" bezeichnen kann, befindet sich also immer auf einem vorgegebenen Potential, beispielsweise dem Nullpotential. Elektrische Fehler in den Wicklungen, ein Kurzschluß Phase-Phase oder Phase-Masse oder andere Fehler werden zu einer Asymmetrie führen, die durch eine Messung im Mittelpunkt oder Sternpunkt des Motors entdeckt werden kann. Auch ein Fehler in einem Wechselrichter wird im Motor eine Asymmetrie bewirken und daher im

Mittelpunkt erfaßbar sein.

[0015] Vorzugsweise weist die Computeranordnung mindestens zwei Computer auf, von denen einer als Hauptcomputer und ein anderer als Nebencomputer ausgebildet ist. Dies hat den Vorteil, daß man den Nebencomputer kostengünstiger ausgestalten kann. Der Hauptcomputer übernimmt sozusagen die "Führungsrolle". Unter "Computer" soll hierbei die Gesamtheit einer Anordnung verstanden werden, die eingehende Signale verarbeiten und daraus Ausgangssignale für die Lenkung und gegebenenfalls den Antrieb des Fahrzeugs bilden kann, also insbesondere einen Prozessor mit Ein- und Ausgabeschnittstellen sowie eine Speichereinrichtung für ein auszuführendes Programm aufweist. Es ist natürlich nicht erforderlich, daß ein derartiger Computer auch mit einer Tastatur und einem Monitor sowie mit auswechselbaren Datenträgern versehen ist.

[0016] Vorzugsweise ist der Nebencomputer als Computer mit begrenzter Steuerungsmöglichkeit ausgebildet, der nur zur Aufrechterhaltung der Lenkfähigkeit dient. Der Hauptcomputer kann also während des normalen Betriebes die Lenkfunktionen steuern, während der Nebencomputer aufgrund seiner verminderten Fähigkeiten auch wesentlich kostengünstiger ausgeführt werden kann.

[0017] Vorzugsweise überwachen beide Computer sich gegenseitig. Dies erhöht die Sicherheit, auftretende Fehler in den Computern zu erfassen.

[0018] Auch ist bevorzugt, daß bei Auftreten eines Fehlers der nicht fehlerbehaftete Computer den fehlerbehafteten Computer abschaltet. Ein fehlerbehafteter Computer wird also an der weiteren Beeinflussung des Systems gehindert.

[0019] Vorzugsweise steuert ein Computer im fehlerfreien Fall alle Wechselrichter an und im Fehlerfall gibt der fehlerbehaftete Computer seine Steuerung an einen anderen Computer ab. Dies hat den Vorteil, daß man keine Synchronisierungsprobleme beim Ansteuern der Wechselrichter bekommt. Da alle Wechselrichter gleichartig angesteuert werden, wird auch die Lenkmotoranordnung ohne Störungen betrieben werden können. Auch im Fehlerfall ändert sich die Situation nicht, weil die Ansteuerung der Wechselrichter komplett von einem Computer an den anderen Computer übergeht.

[0020] Vorzugsweise sendet die Computeranordnung ein Modulationssignal und ein Aktivierungssignal an jeden Wechselrichter, wobei das Aktivierungssignal für jeden Wechselrichter einzeln veränderbar ist. Dies erleichtert das Abschalten eines Wechselrichters bei Auftreten eines Fehlers in diesem Wechselrichter oder dem daran angeschlossenen Motor. Man muß also nicht in die Modulationssignale eingreifen, sondern es reicht aus, daß Aktivierungssignal für den jeweiligen Wechselrichter zu verändern, um diesen Wechselrichter beispielsweise abzuschalten.

[0021] Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung näher beschrieben. Hierin zeigen:

[0022] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Lenksystems,

[0023] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Computeranordnung,

[0024] Fig. 3 ein Vergleich zweier Computer der Computeranordnung und

[0025] Fig. 4 eine Detailansicht zur Signalbehandlung im Fall eines Fehlers bei einem Computer.

[0026] Fig. 1 zeigt ein Lenksystem 1, das als fehlertolerantes System bezeichnet wird. Das System ist nicht voll redundant in dem Sinne, daß Lenken und Fahren bei jedem Einzelfehler problemlos fortgesetzt werden können. Die folgende Beschreibung konzentriert sich insbesondere darauf, wie die Funktionalität im Falle von Fehlern gesichert wer-

den kann, d. h. wie die Lenkfähigkeit im Falle eines Fehlers bis zum Stillstand des Fahrzeugs gesichert werden kann. Die Art und Weise, wie die Fehler im einzelnen erfaßt werden können, ist von untergeordneter Bedeutung.

[0027] Das in Fig. 1 dargestellte fehlertolerante Lenksystem 1 weist zwei Spannungsversorgungen auf in Form von zwei Batterien 2a, 2b. Da, wie aus der folgenden Erläuterung ersichtlich ist, die meisten Elemente doppelt vorkommen, werden diese Elemente mit a bzw. b für einen ersten bzw. für einen zweiten Steuerkreis unterschieden.

[0028] Die Batterie 2a gibt eine Spannung  $V_1$  ab und die Batterie 2b eine Spannung  $V_2$ . Wenn im folgenden bei Elementen die Bezugszeichen  $V_1$ ,  $V_2$  mit einem Pfeil auf das entsprechende Element dargestellt sind, bedeutet dies, daß das entsprechende Element mit der Spannung von der Batterie 2a bzw. 2b versorgt wird.

[0029] Jede Batterie weist eine Überwachungseinrichtung 3a, 3b auf, vorzugsweise eine Spannungsmesseinrichtung, die im Falle eines Fehlers eine Meldung an eine Computeranordnung 4 abgibt. Die Überwachung 3a, 3b ist so aufgebaut, daß ein Fehler in der Batterie 2a, 2b eine Signaländerung an die Computeranordnung 4 auf ein Niveau bewirkt, das das Niveau des Versagens der Batterieversorgung hat. Wenn beispielsweise die Spannung der Batterie 2a, 2b abfällt, dann erzeugt die Überwachungseinrichtung 3a, 3b ein Signal  $Warn_1$  bzw.  $Warn_2$  mit einem Pegel logisch Null. Dieser "Signalpegel" kann auch bei Ausfall der Batteriespannung erzeugt werden. Bei Auftreten eines derartigen Fehlers kann die Computeranordnung 4 das Fahrzeug anhalten, wobei die Lenkfähigkeit gesichert bleibt, weil die jeweils andere Batterie noch tätig ist. Ein Fehler in der entsprechenden Überwachungseinrichtung wird eine entsprechende Signaländerung, an der Computeranordnung 4 bewirken. Auf diese Weise ist das ganze Lenksystem auch gegenüber einem Fehler in einer der beiden Überwachungseinrichtungen tolerant.

[0030] Betätigt wird das Lenksystem 1 von einem Benutzer 5, der ein Lenkhandrad 6 oder eine andere Steuereinrichtung betätigt, beispielsweise einen Steuerknüppel oder joystick. Das Lenkhandrad 6 ist mit zwei selbständigen Sensoren 7a, 7b verbunden, die jeweils von der Batterie 2a, 2b versorgt werden, was durch die Pfeile  $V_1$ ,  $V_2$  zu erkennen ist. Die Ausgänge  $Steer_1$ ,  $Steer_2$  der beiden Sensoren 7a, 7b sind mit der Computeranordnung 4 verbunden. Da jeder der beiden Sensoren 7a, 7b eine eigene Stromversorgung hat, ist die Funktionsfähigkeit sichergestellt unabhängig davon, welcher Einzelfehler auftritt. Ein Bruch der Lenkhandsäule wird allerdings als unwahrscheinlich betrachtet. Eine Sicherung dagegen ist nicht aufgebaut. Die beiden Sensoren 7a, 7b können zusammengefaßt sein in einer fehlersicheren Sensoreinheit, wie sie beispielsweise in DE 31 45 162 A1 dargestellt ist. Wichtig ist, daß die Abtastung der Winkelstellung des Lenkhadrades 6 auch bei Fehler in einem Sensor 7a, 7b oder in einer Batterie 2a, 2b erfolgen kann.

[0031] Das Lenksystem 1 weist einen Lenkmotor 8 (rechts) auf, der über ein nicht näher dargestelltes Getriebe mit einem gelenkten Rad 9 oder gelenkten Rädern verbunden ist. Der Lenkmotor 8 treibt das Rad 9 in Abhängigkeit von der Winkelstellung des Lenkhadrades 6 an. Der Lenkmotor 8 ist redundant aufgebaut. Dieser Aufbau kann mehrere Formen haben. Eine Möglichkeit ist, daß mehrere unabhängige Wicklungen in einem Stator angeordnet sind, die auf einen gemeinsamen Rotor wirken. Man kann aber auch für jeden Satz Wicklungen einen eigenen Stator vorsehen, der mit einem eigenen Rotor zusammenwirkt, wobei alle Rotoren auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind.

[0032] Jede Wicklungen bzw. jeder Satz Wicklungen ist mit einem Wechselrichter 10a, 10b verbunden, die jeweils

ihre Spannung  $V_1$ ,  $V_2$  von der zugehörigen Batterie 2a, 2b erhalten. Die Wechselrichter 10a, 10b werden von der Computeranordnung 4 angesteuert. Hierbei gibt die Computeranordnung 4 für jeden Wechselrichter 10a, 10b ein Modulationssignal  $Mod_1$ ,  $Mod_2$  aus, wobei diese Signale identisch sind und zusätzlich gibt die Computeranordnung 4 für jeden Wechselrichter 10a, 10b ein Signal  $Act_1$ ,  $Act_2$  aus. Dieses Signal ist ein Aktivierungssignal, aufgrund dessen der Wechselrichter 10a, 10b aktiv ist oder stillgesetzt wird.

[0033] Die beiden Wechselrichter 10a, 10b sind so dimensioniert, daß sie zusammen die notwendige elektrische Leistung bereitstellen können, um den Lenkmotor 8 anzutreiben. Wenn ein Steuerkreis ausfällt und damit einer der beiden Wechselrichter 10a, 10b ausfällt, dann ist der andere Wechselrichter 10b, 10a überlastet, wenn er ein ausreichendes Moment über den Lenkmotor 8 am gelenkten Rad 9 sicherstellen soll. Da es aber nur darum geht, die Lenkfähigkeit solange sicherzustellen, bis das Fahrzeug angehalten hat, ist diese Überlastung akzeptabel. Das Anhaltenmanöver wird in der Regel nur einen begrenzten Zeitraum in Anspruch nehmen.

[0034] Die Winkelstellung des Rades 9 wird über zwei Radsensoren 11a, 11b erfaßt. Die beiden Radsensoren 11a, 11b können ebenfalls in einer fehlersicheren Sensoreinheit zusammengefaßt sein, also in einem Gehäuse. Die entsprechende Winkelstellungsinformation wird über ein Signal  $Wheel_1$ ,  $Wheel_2$  an die Computeranordnung 4 übergeben.

[0035] Elektrische Fehler in den Wicklungen des Lenkmotors 8, beispielsweise ein Kurzschluß Phase-Phase oder Phase-Masse oder eine Leitungsunterbrechung, führen zu einer Asymmetrie im Drehfeld des Motors 8. Eine derartige Asymmetrie kann durch eine Messung im Mittelpunkt oder Sternpunkt des Lenkmotors 8 bzw. der einzelnen Wicklungen erkannt werden. Auch ein Fehler in einem Wechselrichter 10a, 10b wird eine entsprechende Asymmetrie bewirken und kann daher im Mittelpunkt erkannt werden. Aus diesem Grunde sind Mittelpunktssensoren 12a, 12b vorgesehen, die ihr Ausgangssignal  $Star_1$ ,  $Star_2$  ebenfalls an die Computeranordnung 4 melden. Bei einer Wechselrichtersteuerung eines Elektromotors wird die dritte Harmonische der Versorgungsfrequenz immer im Mittelpunkt auftreten, jedoch mit einer relativ begrenzten Amplitude. Bei größeren Last- oder Geschwindigkeitsänderungen wird diese Amplitude für kurze Zeit stark erhöht. Um zu vermeiden, daß hier nicht versehentlich ein Fehler erkannt wird, wird hier entweder eine relativ hohe Fehlerschwelle für die Mittelpunktssensoren oder eine Totzeit im System vorgesehen, so daß betriebsbedingte Mittelpunktsspannungsänderungen nicht zu einem Abschalten des Systems führen. Alternativ dazu kann man aufgrund der Mittelpunktssensoren eine Frequenzanalyse ausführen, wobei man nach der Grundfrequenz sucht. Die Grundfrequenz wird nämlich nur in Fehlersituationen auftreten. Allerdings benötigt eine derartige Frequenzanalyse eine erhebliche Rechenleistung die derzeit wirtschaftlich noch nicht zur Verfügung steht. Versuche haben gezeigt, daß eine reine Spannungsmessung im Mittelpunkt für die Fehlererfassung ausreicht.

[0036] Schließlich können die Wechselrichter 10a, 10b noch mit Stromsensoren 13a, 13b versehen sein, die zur Leistungsmessung dienen und die ein Ausgangssignal  $Pow_1$ ,  $Pow_2$  ebenfalls an die Computeranordnung 4 zurückmelden. Die drei Sensoren 11a, 12a, 13a bzw. 11b, 12b, 13b sind jeweils über die zugehörige Batterie 2a, 2b mit Spannungen  $V_1$ ,  $V_2$  versorgt.

[0037] Es ist also ersichtlich, daß das Lenksystem 2 getrennt voneinander elektrisch versorgt und getrennt voneinander geführte Steuerkreise aufweist, die lediglich den redundanten Lenkmotor 8 mit gelenktem Rad 9, das Lenkhand-

rad 6 und die Computeranordnung 4 gemeinsam haben. Ansonsten weist jeder Steuerkreis den Lenkmotor 8, die Sensoren 11a–13a; 11b–13b, die Sensoren 7b, 7a und die gemeinsame Computeranordnung 4 auf. Auch das Lenkhandrad 6 ist für beide Steuerkreise 6 gemeinsam.

[0038] Wenn also eines der Elemente 10a–13a bzw. 10b, 13b oder 7a, 7b, die in jedem Steuerkreis einzeln vorhanden sind und damit im Lenksystem 1 doppelt vorhanden sind, ausfällt, ist dies unkritisch, weil der entsprechend andere Steuerkreis seine Funktionalität behält. Der Motor ist aufgrund seines oben geschilderten Aufbaus redundant, so daß ein Teilfehler auch hier unkritisch ist. Die Computeranordnung 4 hat einen speziellen Aufbau, der im Zusammenhang mit den Fig. 2 bis 4 näher erläutert wird. Auch hier ergibt sich dann also die gewünschte Fehlertoleranz.

[0039] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der Computeranordnung 4. Die Computeranordnung 4 weist einen Hauptcomputer 14 auf, von dem einige Komponenten dargestellt sind. Im einzelnen handelt es sich um eine Fehlererfassung 15a, um eine Hardwareüberwachungsschaltung 16a, einen sogenannten Hardware watch dog oder HW watch dog, einen Software watch dog oder eine Software Überwachungsschaltung 17a und einen Abschalter 18a. Schließlich weist der Hauptcomputer 14 noch eine Gegenabschalteinrichtung 19a für den anderen Computer, den Nebencomputer 20 auf. Der Nebencomputer 20 weist entsprechende Einheiten auf, die jeweils mit dem Buchstaben b gekennzeichnet sind. Sämtliche Einheiten oder Elemente 15a–19a bzw. 15b–19b können in der Regel auch software- oder programmäßig realisiert werden, gegebenenfalls mit Ausnahme der Hardwareüberwachung.

[0040] Die Hardwareüberwachungseinrichtung 16a und die Softwareüberwachungseinrichtung 17a sind über ein ODER-Glied 21a mit der Fehlererfassungseinrichtung 15b des Nebencomputers 20 verbunden. Umgekehrt sind die Hardwareüberwachungseinrichtung 16b und die Softwareüberwachungseinrichtung 17b über ein ODER-Glied 21b mit der Fehlererfassung 15a des Hauptcomputers 14 verbunden. Die Gegenabschalteinrichtung 19a und die Fehlererfassungseinrichtung 15a sind über ein UND-Glied 22a mit dem Abschalter 18b des Nebencomputers verbunden. Umgekehrt ist die Fehlererfassungseinrichtung 15b und die Gegenabschalteinrichtung 19b über ein UND-Glied 22b mit dem Abschalter 18a des Hauptcomputers verbunden.

[0041] Der Hauptcomputer 14 und der Nebencomputer 20, die jeweils mit unabhängigen Spannungen  $V_1$ ,  $V_2$  von den Batterien 2a, 2b versorgt werden, überwachen sich mit Hilfe der Hardware- und Softwareüberwachungseinrichtungen 16a, 16b, 17a, 17b zunächst selbst. Als zusätzliche Sicherheit ist aber vorgesehen, daß der jeweils eine Computer den anderen Computer überwacht und, falls ein Fehler auftritt, den fehlerbehafteten Computer ausschaltet. Wenn beispielsweise der Hauptcomputer 14 mit Hilfe der Fehlererfassung 15a entdeckt, daß entweder ein Hardwarefehler oder ein Softwarefehler im Nebencomputer 20 aufgetreten ist, dann bekommt gleichzeitig das UND-Glied 22a die entsprechende Information. Der Hauptcomputer entscheidet dann, ob er über die Gegenabschalteinrichtung 19a ein entsprechendes Abschaltsignal für den Nebencomputer 20 erzeugt. Wenn dies der Fall ist, dann gibt das UND-Glied 22a an seinem Ausgang den entsprechenden Befehl an den Schalter 18b. Bei einem Fehler im Hauptcomputer 14 ist die Situation entsprechend umgekehrt.

[0042] Der Hauptcomputer 14 gibt ein Signal  $Mod_1$  für den ersten Wechselrichter 10a und ein Signal  $Mod_2$  für den zweiten Wechselrichter 10b aus. In gleicher Weise erzeugt der Nebencomputer 20 die beiden Signale  $Mod_1$ ,  $Mod_2$ .

[0043] Im ungestörten Fall werden nur die Modulationssi-

gnale  $Mod_1$ ,  $Mod_2$  vom Hauptcomputer 14 an die beiden Wechselrichter 10a, 10b übertragen. Hierzu ist der Abschal-  
ter 18a über jeweils ein NICHT-Glied 23a, 23b mit einem  
Schalter 24a, 24b verbunden und ohne das NICHT-Glied mit  
einem Schalter 25a, 25b. Damit ist sichergestellt, daß dann,  
wenn der Hauptcomputer 14 ordnungsgemäß tätig ist, die  
Modulationssignale  $Mod_1$ ,  $Mod_2$  über die dann geschlosse-  
nen Schalter 24a, 24b an die Wechselrichter 10a, 10b weiter-  
geleitet werden, während im Fehlerfall, wenn die Abschal-  
teinrichtung 18a ein entsprechendes Eingangssignal erhält,  
die Schalter 24a, 24b geöffnet und die anderen Schalter 25a,  
25b geschlossen werden, so daß die Wechselrichter 10a, 10b  
dann vom Nebencomputer 20 gesteuert werden.

[0044] Fig. 3 zeigt, daß beide Computer, nämlich der  
Hauptcomputer 14 und der Nebencomputer 20, zwar ähnlich  
sind, aber nicht identisch. Der Nebencomputer 20 ist ein  
signalmäßig reduzierter Computer, der nur die zur Aufrechter-  
haltung der Lenkfähigkeit erforderlichen Signale handhaben  
kann. Dementsprechend erhält der Nebencomputer 20  
nur die Signale  $Steer_2$  des zweiten Lenkhandsensors 7b  
und  $Wheel_2$  des zweiten Radsensors 11b. Der im Computer  
erzeugt die Modulationssignale  $Mod_1$ ,  $Mod_2$  für die beiden  
Wechselrichter 10a, 10b. Der Hauptcomputer 14 hingegen  
erhält die Ausgangssignale  $Steer_1$ ,  $Steer_2$ ,  $Warn_1$ ,  $Warn_2$ ,  
 $Star_1$ ,  $Star_2$ ,  $Pow_1$ ,  $Pow_2$ ,  $Wheel_1$ ,  $Wheel_2$  aller Sensoren 7a,  
7b, 11a–13a, 11b–13b. Der Hauptcomputer 14 erzeugt die  
Modulationssignale  $Mod_1$ ,  $Mod_2$  und zusätzlich Aktivie-  
rungssignale  $Act_1$ ,  $Act_2$  mit denen man die einzelnen Wech-  
selrichter 10a, 10b abschalten kann, falls dort ein Fehler zu  
beobachten ist.

[0045] Wenn nun der Hauptcomputer 14 abgeschaltet  
wird, würde normalerweise das Aktivierungssignal  $Act_1$ ,  
 $Act_2$  entfallen. Fig. 4 zeigt eine Lösung, wie man dieses Pro-  
blem umgehen kann. Die beiden Signale  $Act_1$ ,  $Act_2$  sind je-  
weils über ODER-Glieder 26a, 26b an entsprechende Aus-  
gänge  $Act_1$ ,  $Act_2$  geführt. Der andere Eingang dieser  
ODER-Glieder 26a, 26b ist über Schalter 27a, 27b mit der  
Versorgungsspannung  $V_2$  der zweiten Batterie 2b verbun-  
den. Wenn nun ein entsprechendes Signal an der Abschal-  
teinrichtung 18a des Hauptcomputers 14 anliegt, dann wer-  
den die beiden Schalter 27a, 27b geschlossen, so daß dann  
ein entsprechendes Signal (logisch 1) am zweiten Eingang  
der ODER-Glieder 26a, 26b anliegt und ein entsprechendes  
logisches 1 an den Ausgängen  $Act_1$ ,  $Act_2$  der ODER-Glieder  
26a, 26b.

[0046] Das Lenksystem 1 ist also praktisch allen erdenklichen  
Fehlern gegenüber fehlertolerant. Allerdings sind nicht  
alle Elemente doppelt ausgestaltet. Die Elemente sind viel-  
mehr auf ein Minimum hin optimiert.

#### Patentansprüche

1. Elektrisches Lenksystem für ein Fahrzeug mit einer  
elektrisch gespeisten Lenkmotoranordnung, die mit einer  
Wechselrichteranordnung verbunden ist, deren  
Ausgangsspannung von einer Computeranordnung be-  
einflußt ist und mit einer Sensoranordnung, **dadurch**  
**gekennzeichnet**, daß die Lenkmotoranordnung einen  
redundanten Lenkmotor (8) aufweist, der über zwei ge-  
trennt voneinander elektrisch versorgte und geführte  
Steuerkreise mit der Computeranordnung (4) verbun-  
den ist, die ebenfalls redundant ausgebildet ist.
2. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß alle Steuerelemente eine gemeinsame Soll-  
wertvorgabeeinrichtung (6) aufweisen.
3. Lenksystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß für jeden Steuerelement eine eigene  
Stromversorgungseinrichtung (2a, 2b) mit einem eige-

nen Überwachungssystem (3a, 3b) vorgesehen ist.

4. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-  
durch gekennzeichnet, daß jeder Steuerelement einen  
Wechselrichter (10a, 10b) aufweist, der mit dem Lenk-  
motor (8) verbunden ist.

5. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-  
durch gekennzeichnet, daß der Lenkmotor (8) für jeden  
Steuerelement eine eigene Wicklungsanordnung aufweist.

6. Lenksystem nach Anspruch 5, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß jeder Wechselrichter (10a, 10b) bei Aus-  
fall mindestens eines anderen Wechselrichters (10b,  
10a) mit der Versorgung des Motors (8) überlastet ist.

7. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, da-  
durch gekennzeichnet, daß jeder Steuerelement einen  
Lenkhandsensor (7a, 7b) aufweist.

8. Lenksystem nach Anspruch 7, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Sensoren (7a, 7b) in einer gemeinsa-  
men Sensoreinheit angeordnet sind.

9. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, da-  
durch gekennzeichnet, daß jeder Steuerelement einen Mit-  
telpunktsensor (12a, 12b) für die Lenkmotoranordnung  
aufweist.

10. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Computeranordnung (4)  
mindestens zwei Computer (14, 20) aufweist, von de-  
nen einer als Hauptcomputer (14) und ein anderer als  
Nebencomputer (20) ausgebildet ist.

11. Lenksystem nach Anspruch 10, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Nebencomputer (20) als Computer  
mit begrenzter Steuerungsmöglichkeit ausgebildet ist,  
der nur zur Aufrechterhaltung der Lenkfähigkeit dient.

12. Lenksystem nach Anspruch 10 oder 11, dadurch  
gekennzeichnet, daß beide Computer (14, 20) sich ge-  
genseitig überwachen.

13. Lenksystem nach Anspruch 12, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß bei Auftreten eines Fehlers der nicht fehler-  
behaftete Computer (14, 20) den fehlerbehafteten  
Computer (20, 14) abschaltet.

14. Lenksystem nach einem der Ansprüche 10 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Computer (14, 20) im  
fehlerfreien Fall alle Wechselrichter (10a, 10b) ansteuert  
und im Fehlerfall gibt der fehlerbehaftete Computer  
(14, 20) seine Steuerung an einen anderen Computer  
(20, 14) ab.

15. Lenksystem nach einem der Ansprüche 10 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Computeranordnung  
(4) ein Modulationssignal ( $Mod_1$ ,  $Mod_2$ ) und ein Akti-  
vierungssignal ( $Act_1$ ,  $Act_2$ ) an jeden Wechselrichter  
(10a, 10b) sendet, wobei das Aktivierungssignal ( $Act_1$ ,  
 $Act_2$ ) für jeden Wechselrichter einzeln veränderbar ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

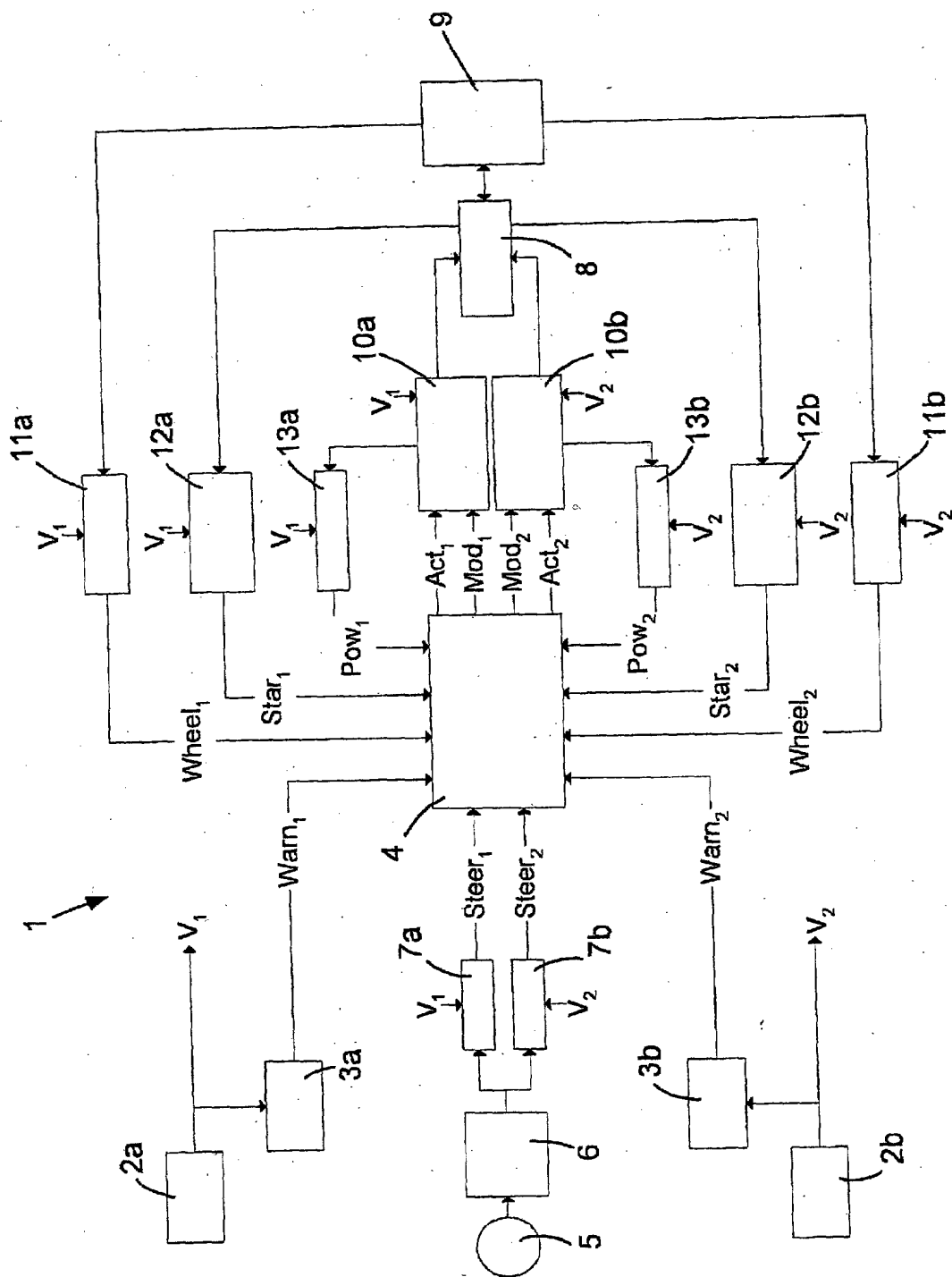


Fig. 1

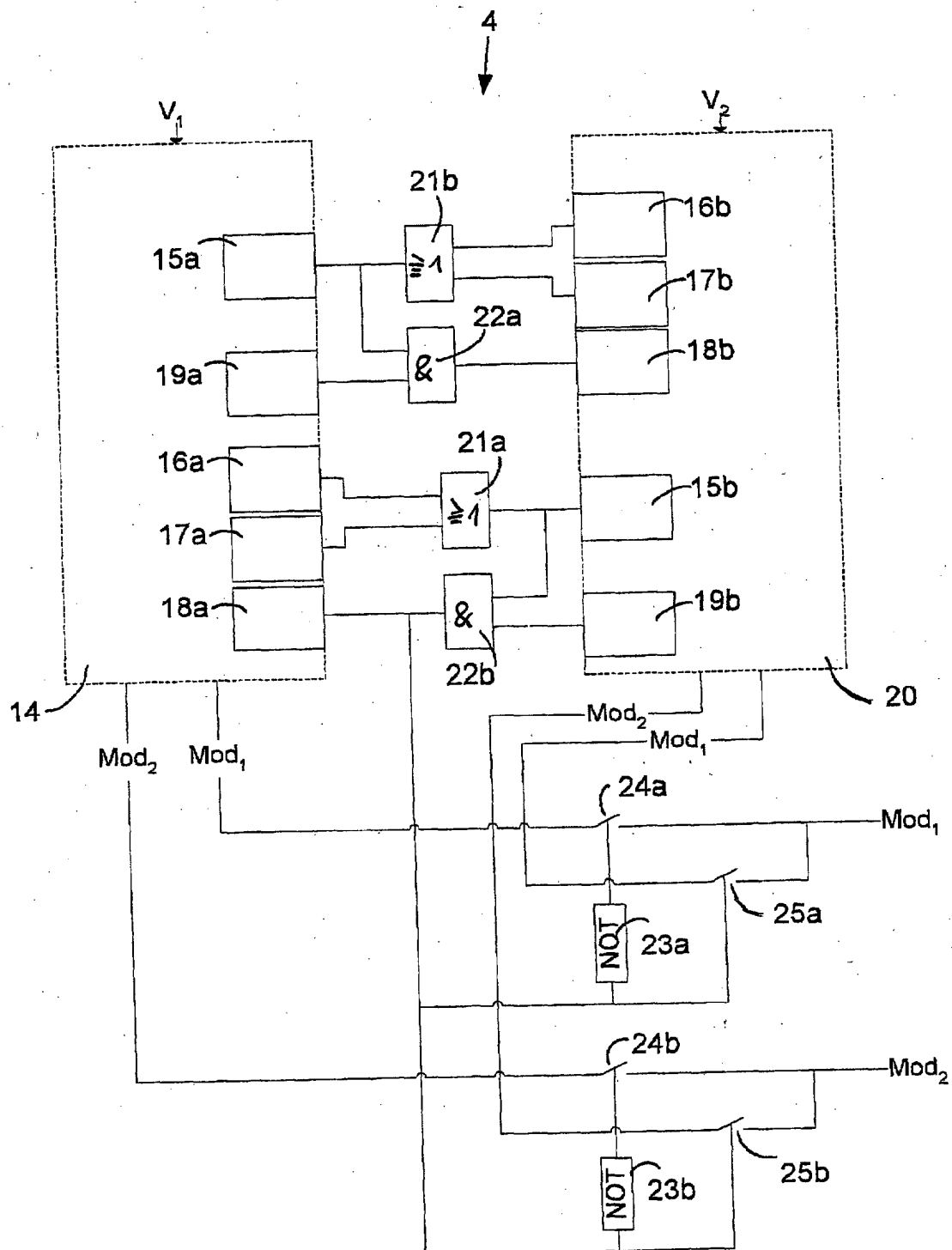
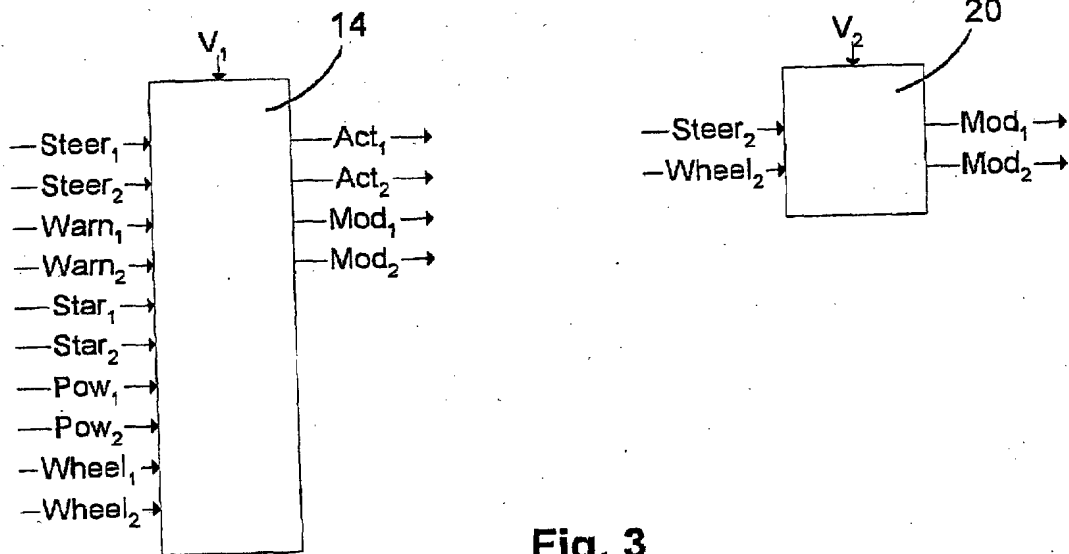
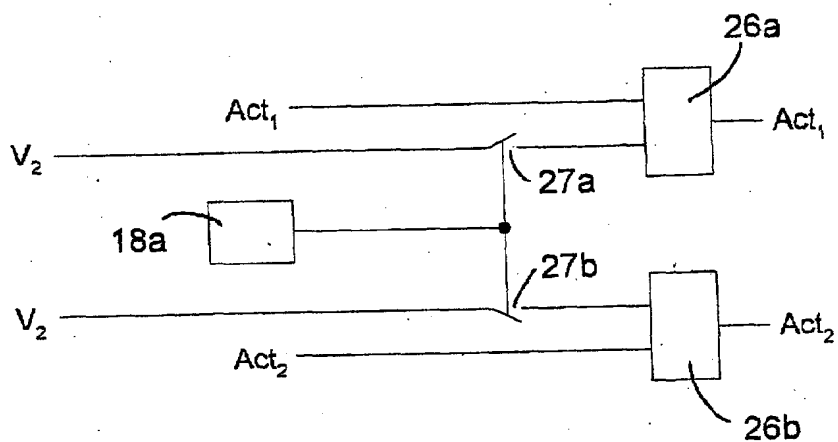


Fig. 2





**Fig. 3**



**Fig. 4**